

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-195012

(43)Date of publication of application : 09.07.2003

(51)Int.Cl. G02B 3/00
G03B 11/08
G02B 3/02
G02B 6/32

(21)Application number : 2002-281999 (71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 26.09.2002 (72)Inventor : ITO NOBUKI
TOJO MASAOKI
MORIOKA KAZUO

(30)Priority

Priority number : 2001296820 Priority date : 27.09.2001 Priority country : JP

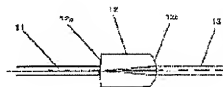
(54) ASPHERICAL ROD LENS AND ITS MANUFACTURING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To solve a problem that the coupling efficiency of optical coupling form is lowered and it is difficult to align an optical functional device in the case of assembling it because an optical coupling lens capable of realizing excellent collimated beams and a condensed beam at low cost can not be provided.

SOLUTION: This aspherical rod lens 12 converting light radiated from a specified light source or the radiation terminal of an optical fiber 11 into specified light is equipped with a 1st surface 12a with which the light source or the radiation terminal is brought into contact and which has spherical or plane shape, and a 2nd surface 12b which is substantially opposed to the 1st surface 12a and which has aspherical shape by which the radiated light from the light source or the optical fiber is converted into the collimated beams and transmitted.

11 光源側ファイバ
12 非球面ロッドレンズ
12a 第1面 (球形面)
12b 第2面 (非球面)
13 コア部分



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

(13) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-195012

(P2003-195012A)

(43) 公開日 平成15年7月9日(2003.7.9)

| | | | |
|---------------------------|------|---------------|-------------|
| (51) Int.Cl. ⁷ | 識別記号 | F I | 7-コード(参考) |
| G 0 2 B 3/00 | | G 0 2 B 3/00 | Z 2 H 0 3 7 |
| C 0 3 B 11/08 | | C 0 3 B 11/08 | |
| G 0 2 B 3/02 | | G 0 2 B 3/02 | |
| 6/32 | | 6/32 | |

審査請求 未請求 請求項の数33 O L (全 24 頁)

| | | | |
|--------------|-----------------------------|----------|--|
| (21) 出願番号 | 特願2002-281939(P2002-281999) | (71) 出願人 | 00005821 松下電器産業株式会社 大阪府門真市大字門真1006番地 |
| (22) 出願日 | 平成14年9月26日(2002.9.26) | (72) 発明者 | 伊藤 伸郎 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器 産業株式会社内 |
| (31) 優先権主張番号 | 特願2001-296820(P2001-296820) | (72) 発明者 | 東城 正明 京都府京田辺市大住浜55番12 松下日電電 器株式会社内 |
| (32) 優先日 | 平成13年9月27日(2001.9.27) | (74) 代理人 | 100092794 弁理士 松田 正道 |
| (33) 優先権主張国 | 日本 (J P) | | |

最終頁に続く

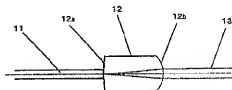
(54) 【発明の名称】 非球面ロッドレンズ及び非球面ロッドレンズの製造方法

(57) 【要約】

【課題】 低コストで良好なコリメート光や集光ビームを実現する光結合レンズを提供することが出来なかった。このために、光結合形の結合効率が低下し、光機能デバイスを組み立てる際の位置合わせが困難であるという課題があった。

【解決手段】 所定の光源から又は光ファイバ11の放射端子から放射される光を所定の光に変換する非球面ロッドレンズ12であって、前記光源又は放射端子が接触する、球面又は平面形状を有する第1面12aと、第1面12aに実質上対向し、前記光源又は光ファイバからの放射光をコリメート光に変換して透過させる非球面形状を有する第2面12bとを備えた非球面ロッドレンズ。

11 入射側光ファイバ
12 非球面ロッドレンズ
12a 第1面(放射面)
12b 第2面(出射面)
13 コリメート光



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 所定の光源から又は光ファイバの放射端から放射される光を所定の光に変換する非球面ロッドレンズであって、

前記光源又は放射端子が接触する、球面又は平面形状を有する第 1 面と、

前記第 1 面に実質上対向し、前記光源又は光ファイバからの放射光をコリメート光又は集光ビームに変換して透過させる非球面形状を有する第 2 面と、を備えた非球面ロッドレンズ、

【請求項 2】 前記第 1 面には、前記光ファイバの放射端子が接触されており、

前記第 2 面からの前記透過光が前記コリメート光であり、

前記第 2 面は、前記第 1 面上における前記放射端子が接触する位置に焦点を有する請求項 1 記載の非球面ロッドレンズ、

【請求項 3】 前記第 1 面には、前記光ファイバの放射端子が接触されており、

前記第 2 面からの前記透過光が前記集光ビームであり、前記第 2 面の焦点は、前記第 1 面上における前記放射端子が接触する位置よりも前記非球面ロッドレンズの内側に形成される請求項 1 記載の非球面ロッドレンズ、

【請求項 4】 前記非球面ロッドレンズは、所定の外殻を有する実質上円柱形状であり、

前記非球面ロッドレンズの外殻が、前記光ファイバを挟持固定するためのフェルネル外殻と実質上同じである請求項 2 又は 3 に記載の非球面ロッドレンズ、

【請求項 5】 請求項 1 記載の非球面ロッドレンズの製造方法であって、

レンズ材料が可塑性を生じる所定温度まで加熱する第 1 工程と、

前記加熱したレンズ材料をレンズ形状に成形型を用いて加圧成形する第 2 工程と、

前記所定温度からレンズ材質の転移点まで前記レンズ材質を加工し、冷却しながらレンズ両面を一体形成する第 3 工程と、

前記成形したレンズ材質を転移点以下に冷却する第 4 工程と、を備えた非球面ロッドレンズの製造方法、

【請求項 6】 所定の光源又は光ファイバの放射端から放射される光を所定の光に変換する非球面ロッドレンズであって、

前記光源を複数挿入するための、又は前記光ファイバの放射端子を複数挿入するためのガイド穴を有する第 1 面と、

前記第 1 面に実質上対向し、前記光源又は前記光ファイバからの放射光をコリメート光又は集光ビームに変換して透過させる非球面形状を有する第 2 面と、を備えた非球面ロッドレンズ、

【請求項 7】 前記第 2 面からの前記透過光が前記コリ

メート光であり、

前記第 2 面の焦点は、前記ガイド穴の実質上底面の位置に形成される請求項 6 記載の非球面ロッドレンズ、

【請求項 8】 前記第 2 面からの前記透過光が前記集光ビームであり、

前記第 2 面の焦点は、前記ガイド穴の実質上底面の位置よりも前記非球面ロッドレンズの内側に形成される請求項 6 記載の非球面ロッドレンズ、

【請求項 9】 前記ガイド穴は、前記光ファイバの放射端子を 2 つ並列に挿入するための穴であり、

デュアルファイバコリメータを構成した請求項 7 に記載の非球面ロッドレンズ、

【請求項 10】 請求項 6 記載の非球面ロッドレンズの製造方法であって、

レンズ材料が可塑性を生じる所定温度まで加熱する第 1 工程と、

前記加熱したレンズ材料をレンズ形状に成形型を用いて加圧成形する第 2 工程と、

前記所定温度からレンズ材質の転移点まで前記レンズ材質を加圧、冷却しながらレンズ両面を一体形成する第 3 工程と、

前記成形したレンズ材質を転移点以下に冷却する第 4 工程と、を備え、

前記第 1 面を成形する成形型の面に、前記ガイド穴を成形するための突起部が設けられている非球面ロッドレンズの製造方法、

【請求項 11】 前記非球面ロッドレンズの外形は、実質上円柱形状であり、その円柱形状の外周部の一部に溝部、又は、平面部が設けられている請求項 1 又は 6 に記載の非球面ロッドレンズ、

【請求項 12】 前記非球面ロッドレンズの外周部は、実質上多角柱形状である請求項 1 又は 8 に記載の非球面ロッドレンズ、

【請求項 13】 前記非球面ロッドレンズの外周部に対応する前記成形型の面は実質上円筒面状であり、その円筒面状の面の一部に、溝部形成用の凸部又は平面部形成用の平面部が設けられている請求項 5 又は 10 記載の非球面ロッドレンズの製造方法、

【請求項 14】 前記非球面ロッドレンズの外周部に対応する前記成形型の面は実質上多角柱の筒状である請求項 5 又は 10 記載の非球面ロッドレンズの製造方法、

【請求項 15】 所定の光源から又は光ファイバの放射端子から放射される光を所定の光に変換する非球面ロッドレンズであって、

前記光源又は放射端子からの光が入射する面であって、前記入射光の光軸に垂直な面に対して所定の傾斜角を有する第 1 面と、

前記第 1 面に入射した前記光をコリメート光又は集光ビームに変換して透過させる非球面形状を有する第 2 面と、を備えた非球面ロッドレンズ、

3

【請求項 16】 前記第 1 面は、前記光ファイバの放射端と接触していない請求項 15 に記載の非球面ロッドレンズ。

【請求項 17】 前記第 2 面からの前記透過光が前記コリメート光であり、前記第 2 面の焦点は、前記光ファイバの放射端平面に形成される請求項 18 に記載の非球面ロッドレンズ。

【請求項 18】 前記第 1 面は、前記光ファイバの放射端と接触している請求項 15 に記載の非球面ロッドレンズ。

【請求項 19】 前記第 1 面が球面又は非球面であり、前記光ファイバの放射端の端面が、前記傾斜角に対応した傾斜角を有する (1) 平面、(2) 球面又は (3) 非球面である請求項 18 に記載の非球面ロッドレンズ。

【請求項 20】 前記第 2 面からの前記透過光が前記コリメート光であり、

前記第 2 面の焦点は、前記第 1 面上における前記放射端とが接触する位置に形成される請求項 19 に記載の非球面ロッドレンズ。

【請求項 21】 前記第 2 面からの前記透過光が前記集光ビームであり、前記第 2 面の焦点は、前記第 1 面よりもレンズの内側に形成される請求項 19 に記載の非球面ロッドレンズ。

【請求項 22】 前記傾斜角が、6 度、8 度、又は 12 度である請求項 15 に記載の非球面ロッドレンズ。

【請求項 23】 請求項 15 に記載の非球面ロッドレンズの製造方法であって、

レンズ素材が可塑性を生じる所定温度まで加熱する第 1 工程と、

前記加熱したレンズ素材をレンズ形状に成形型を用いて加圧成形する第 2 工程と、

前記所定温度からレンズ材質の軟移点まで前記レンズ材質を加圧、冷却しながらレンズ両面を一体形成する第 3 工程と、

前記成形したレンズ材質を軟移点以下に冷却する第 4 工程とを、備え、

前記第 1 面を成形する成形型の面が、前記光軸に垂直な面に対して傾斜している非球面ロッドレンズの製造方法。

【請求項 24】 前記非球面ロッドレンズのレンズ素材が、前記光ファイバのコア屈折率に等しいレンズ素材である請求項 1、6 又は 15 に記載の非球面ロッドレンズ。

【請求項 25】 前記非球面ロッドレンズの前記第 1 面と前記第 2 面に無反射コートが形成されている請求項 1、8 又は 15 に記載の非球面ロッドレンズ。

【請求項 26】 前記非球面ロッドレンズの外周部に金箔層が形成されている請求項 1、6 又は 15 に記載の非球面ロッドレンズ。

【請求項 27】 前記非球面ロッドレンズの前記第 2 面

4

の非球面部に波長フィルタが形成されている請求項 1、6 又は 15 に記載の非球面ロッドレンズ。

【請求項 28】 前記非球面ロッドレンズのレンズ材質がガラス材料又は樹脂材料である請求項 1、8 又は 15 に記載の非球面ロッドレンズ。

【請求項 29】 第 1 開口と、その第 1 開口に対向した第 2 開口を含む筒型にレンズ素材を配置する A 工程と、前記レンズ素材を、可塑性を生じる温度まで加熱する B 工程と、

第 1 形状の端部を有する第 1 型を、前記筒型の前記第 1 開口にスライドさせる C 工程と、

非球面形状の凹部を有する第 2 形状の端部を有する第 2 型を、前記筒型の前記第 2 開口にスライドさせる D 工程と、

前記第 1 型の前記第 1 形状の端部と前記第 2 型の前記第 2 形状の端部との間で前記加熱されたレンズ素材を加圧し、非球面ロッドレンズを形成する E 工程と、

前記非球面ロッドレンズを所定温度以下に冷却する F 工程とを備え、

前記第 1 型の前記第 1 形状の端部が、球面又は平面である非球面ロッドレンズの製造方法。

【請求項 30】 第 1 開口と、その第 1 開口に対向した第 2 開口を含む筒型にレンズ素材を配置する A 工程と、前記レンズ素材を、可塑性を生じる温度まで加熱する B 工程と、

第 1 形状の端部を有する第 1 型を、前記筒型の前記第 1 開口にスライドさせる C 工程と、

非球面形状の凹部を有する第 2 形状の端部を有する第 2 型を、前記筒型の前記第 2 開口にスライドさせる D 工程と、

前記第 1 型の前記第 1 形状の端部と前記第 2 型の前記第 2 形状の端部との間で前記加熱されたレンズ素材を加圧し、非球面ロッドレンズを形成する E 工程と、

前記非球面ロッドレンズを所定温度以下に冷却する F 工程とを備え、

前記第 1 型の前記第 1 形状の端部が、少なくとも一つの凸部を有しており、

前記 E 工程は、前記レンズ素材を前記第 1 形状の端部に設けられた凸部に加圧し、前記非球面ロッドレンズに少なくとも一つのガイド穴を形成する行程を含む非球面ロッドレンズの製造方法。

【請求項 31】 前記筒型の内面は、前記内面の長手部に沿って、三角形形状又は平面部を含み、前記 E 工程は、前記レンズ素材を、前記筒型の前記内面の前記三角形形状又は平面部に加圧し、前記非球面ロッドレンズに所定の形状を形成する行程を含む請求項 29 又は 30 に記載の非球面ロッドレンズの製造方法。

【請求項 32】 前記筒型の内面は、その断面が所定の多角形状を有する多角柱の筒状であり、

前記筒型の前記第 1 開口は、前記所定の多角形状を有

10

26

30

40

50

5

している請求項29又は30に記載の非球面ロッドレンズの製造方法。

【請求項33】 第1開口と、その第1開口に対向した第2開口を含む筒型にレンズ材料を配置するA行程と、前記レンズ材料を、可塑性を生じる温度まで加熱するB行程と、

第1形状の端部を有する第1型を、前記筒型の前記第1開口にスライドさせるC行程と、

非球面形状の端部を有する第2形状の端部を有する第2型を、前記筒型の前記第2開口にスライドさせるD行程と、

前記第1型の前記第1形状の端部と前記第2型の前記第2形状の端部との間で前記加熱されたレンズ材料を加圧し、非球面ロッドレンズを形成するE行程と、

前記非球面ロッドレンズを所定温度以下に冷却するF行程とを備え、

前記筒型を、前記非球面ロッドレンズの光軸に対応する長軸を有しており、

前記第1型の前記第1形状の端部が、前記筒型の前記長軸と直交する面に対して所定の角度を有している非球面ロッドレンズの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、例えば、光通信分野や光束集束分野において、光源や光ファイバ、光導波路からの出射光を平行光や収束光に変換したり、あるいは、光ビームを集束して光ファイバや光導波路に入射する光結合系に用いる非球面ロッドレンズ、及びその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】光通信や微小光学の技術分野では、レーザダイオード、光ファイバ、光導波路、フォトダイオード、光スイッチ等の光学素子を効率的に光結合するため、微小なマイクロレンズの需要が急速に高まっている。

【0003】その光結合系は、主に軸上結像系について大別すると、光源と光ファイバを結合するための光結合系と、光ファイバと光ファイバを結合するための光結合系の2種類に分けられる。後者の光ファイバと光ファイバを結合する光結合系においては、レンズを用いて光源や光ファイバから放射された光を平行光（コリメート光）に変換して、直流ファイバや光アイソレータ等の光学素子を透過させ、再びレンズを介して光ファイバに集光させるようなコリメート光学系が用いられ、光ファイバとコリメータレンズを組み合わせた光ファイバコリメータが重要な技術となっている。

【0004】これら2つの光結合系に用いられるレンズとしては、屈折率分布型ロッドレンズ（GRINレンズ）、球レンズ、非球面レンズ、先球光ファイバ、平板屈折率分布型レンズ、フレネルレンズや、それらを複数

6

組み合わせるレンズ等が提案されている。

【0005】図21(a)に従来のコリメータレンズについて示す。光ファイバ11から放射された光は、両凸レンズ211の第1面（入射面）211aから入射し、レンズ媒質を透過した後、第2面（出射面）211bで屈折され、コリメート光113に変換される。この際、両凸レンズ211の光学特性を考慮して、適切な光ファイバ端面11aと両凸レンズ211の第1面211aの距離Zを調節しなければ、出射した光が傾斜したり、発散したりして、コリメート光113が得られる距離が短くなり、良好なコリメート光を得ることができない。

【0006】従って、平行性のよい光ビームが得られないと、例えばコリメート光学系（平行ビーム変換系）を用いて、光機能デバイス、即ち分光器、光分岐器、光アイソレータ、光サーキュレータ、光ファイバ、光スイッチ等を低損失で実現することができない。

【0007】次に、このコリメータレンズ211を用いて構成された光ファイバコリメータを図21(b)に示す。図21(b)に示す光ファイバコリメータは、光ファイバ11を接着固定したフェルル213と両凸レンズ211、及びそれらを固定するコリメータケース214で構成されている。この従来例では、良好なコリメート光を得るために、光ファイバ11が固定されたフェルル213の端面とレンズの入射面211aの距離Zを調節するために、フェルル213のフランジ212を利用して、コリメータケース214にフェルル213のフランジ212を突き当てることによって、光ファイバの端面11aと両凸レンズの入射面211aの距離Zが固定される。このように光ファイバとレンズの距離を固定することによって、ある屈折率の両凸レンズに対してコリメート光が得られる光ファイバコリメータを実現している。

【0008】又、従来の光ビームコリメータレンズの他の例として、モールドレンズの内部に一つの光ファイバを挿入して固定した構成のものが知られている（例えば、特許文献1、特許文献2参照）。

【0009】

【特許文献1】特開平7-49432号公報

【特許文献2】特開昭53-58406号公報

【0010】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、前述した従来の技術では、コリメータケースの長さのバラツキ、フェルル端面の研磨量の違い、レンズの固定位置のバラツキ等によって、光ファイバ端面とレンズ入射面の距離が必ずしも一定せずに、良好なコリメート光を得ることができなかった。

【0011】つまり、レンズから離れるに従い光ビームが集束したり、発散したりして、コリメート光が得られる距離を長くすることができなかった。

【0012】このために、光ファイバとレンズを組み合

50

わけてコリメート光を形成し、その光を光機能素子等を透過させ、再びレンズを介して光ファイバと光結合する場合や、その他のコリメート光を光ファイバに結合する際には、前述のコリメータレンズでは、結合効率が劣化し、光学特性に大きな問題点があった。

【0013】一方、図21(c)にはGRINレンズ(分布屈折率レンズ)を用いた光ファイバコリメータについて示している。

【0014】図21(c)に示したGRINレンズは、光軸を中心とする径方向に屈折率分布を有するロッドレンズであり、レンズ内の幾何光学的な光線の蛇行周期のピッチが0.25のものである。0.25ピッチのGRINレンズは、無限遠物体の倒立実像がレンズの射出端面上に結像する長さで、点光源を入射端面の中心におけばコリメート光を取り出せる長さとなっている。光ファイバ1の端面から射出した光は、GRINレンズ212によってコリメート光に変換されて射出される。

【0015】しかしながら、LD光源や光ファイバを用いる場合には必ずしも点光源ではないので、このようなGRINレンズでは、レンズの射出面212から離れた位置でビーム径が広がってしまい、良好なコリメート光を得ることができなかった。

【0016】また、ガラス材料に対してイオン交換法によって屈折率分布を形成するという製造方法の点から、低コストなロッドレンズを提供するには問題があった。

【0017】このようなレンズは、光通信のネットワーク各所で大量に使用されるため、その低コスト化は、光通信ネットワーク全体に大きな割合を占め、システムコストを下げるために重要となってくる。

【0018】本発明は、上記従来のコリメータレンズのこのような課題を考慮して、光通信分野や光集光回路分野において利用可能であり、光調整が容易で、光ビームの平行性(コリメーション)や集光性が良好、即ち、コリメート光が長く形成できたり、容易に集光ビーム光学系が構成でき、それにより結合効率が高く、光機能デバイスの低コスト化、高性能化、小型化が実現できる非球面ロッドレンズ、及びその製造方法を提供することを目的とする。

【0019】

【課題を解決するための手段】第1の本発明は、所定の光道から又は光ファイバの放射端子から放射される光を所定の光に変換する非球面ロッドレンズであって、前記光源又は放射端子が接触する、球面又は平面形状を有する第1面と、前記第1面に実質上対向し、前記光源又は光ファイバからの放射光をコリメート光又は集光ビームに変換して透過させる非球面形状を有する第2面と、を備えた非球面ロッドレンズである。

【0020】第2の本発明は、前記第1面には、前記光ファイバの放射端子が接触されており、前記第2面から

は、前記第1面上における前記放射端子が接触する位置に焦点を有する上記第1の本発明の非球面ロッドレンズである。

【0021】第3の本発明は、前記第1面には、前記光ファイバの放射端子が接触されており、前記第2面からの前記透過光が前記集光ビームであり、前記第2面の焦点は、前記第1面上における前記放射端子が接触する位置よりも前記非球面ロッドレンズの内側に形成される上記第1の本発明の非球面ロッドレンズである。

【0022】第4の本発明は、前記非球面ロッドレンズは、所定の外径を有する実質上円柱形状であり、前記非球面ロッドレンズの外径が、前記光ファイバを接着固定するためのフェルル外径と実質上同じである上記第2又は3の本発明の非球面ロッドレンズである。

【0023】第5の本発明は、上記第1の本発明の非球面ロッドレンズの製造方法であって、レンズ材料が可塑性を生じる所定温度まで加熱する第1工程と、前記加熱したレンズ材料をレンズ形状に成形型を用いて加圧成形する第2工程と、前記所定温度からレンズ材質の軟移点まで前記レンズ材料を加圧、冷却しながらレンズ両面を

一体形成する第3工程と、前記成形したレンズ材質を軟移点以下に冷却する第4工程と、を備えた非球面ロッドレンズの製造方法である。

【0024】第6の本発明は、所定の光源又は光ファイバの放射端子から放射される光を所定の光に変換する非球面ロッドレンズであって、前記光源を複数挿入するための、又は前記光ファイバの放射端子を複数挿入するためのガイド穴を有する第1面と、前記第1面に実質上対向し、前記光源又は前記光ファイバからの放射光をコリメート光又は集光ビームに変換して透過させる非球面形状を有する第2面と、を備えた非球面ロッドレンズである。

【0025】第7の本発明は、前記第2面からの前記透過光が前記コリメート光であり、前記第2面の焦点は、前記ガイド穴の実質上底面の位置に形成される上記第6の本発明の非球面ロッドレンズである。

【0026】第8の本発明は、前記第2面からの前記透過光が前記集光ビームであり、前記第2面の焦点は、前記ガイド穴の実質上底面の位置よりも前記非球面ロッドレンズの内側に形成される上記第6の本発明の非球面ロッドレンズである。

【0027】第9の本発明は、前記ガイド穴は、前記光ファイバの放射端子を2つ並列に挿入するための穴であり、デュアルファイバコリメータを構成した上記第7の本発明の非球面ロッドレンズである。

【0028】第10の本発明は、上記第5の本発明の非球面ロッドレンズの製造方法であって、レンズ材料が可塑性を生じる所定温度まで加熱する第1工程と、前記加熱したレンズ材料をレンズ形状に成形型を用いて加圧成形する第2工程と、前記所定温度からレンズ材質の軟移

点まで前記レンズ材質を加圧、冷却しながらレンズ両面を一体形成する第3工程と、前記成形したレンズ材質を転移点以下に冷却する第4工程と、を備え、前記第1面を成形する成形型の面に、前記ガイド穴を成形するための突設部が設けられている非球面ロッドレンズの製造方法である。

【0029】第11の本発明は、前記非球面ロッドレンズの外形は、実質上円柱形状であり、その円柱形状の外周部の一部に溝部、又は、平面部が設けられている上記第1又は3の本発明の非球面ロッドレンズである。

【0030】第12の本発明は、前記非球面ロッドレンズの外周部は、実質上多角柱形状である上記第1又は6の本発明の非球面ロッドレンズである。

【0031】第13の本発明は、前記非球面ロッドレンズの外周部に対応する前記成形型の面は実質上円筒面状であり、その円筒面状の面の一部に、溝部形成用の凸部又は平面部形成用の平面部が設けられている上記第5又は10の本発明の非球面ロッドレンズの製造方法である。

【0032】第14の本発明は、前記非球面ロッドレンズの外周部に対応する前記成形型の面は実質上多角柱の筒状である上記第5又は10の本発明の非球面ロッドレンズの製造方法である。

【0033】第15の本発明は、所定の光源から又は光ファイバの放射端子から放射される光を所定の光に変換する非球面ロッドレンズであって、前記光源又は放射端子からの光が入射する面であって、前記入射光の光軸に垂直な面に対して所定の傾斜角を有する第1面と、前記第1面に入射した前記光をコリメート光又は集光ビームに変換して透過させる非球面形状を有する第2面と、を備えた非球面ロッドレンズである。

【0034】第16の本発明は、前記第1面は、前記光ファイバの放射端子と接触していない上記第15の本発明の非球面ロッドレンズである。

【0035】第17の本発明は、前記第2面からの前記透過光が前記コリメート光であり、前記第2面の焦点は、前記光ファイバの放射端子面に形成される上記第16の本発明の非球面ロッドレンズである。

【0036】第18の本発明は、前記第1面は、前記光ファイバの放射端子と接触している上記第15の本発明の非球面ロッドレンズである。

【0037】第19の本発明は、前記第1面が球面又は非球面であり、前記光ファイバの放射端子の端面が、前記傾斜角に対応した傾斜角を有する(1)平面、(2)弧面又は(3)非球面である上記第18の本発明の非球面ロッドレンズである。

【0038】第20の本発明は、前記第2面からの前記透過光が前記コリメート光であり、前記第2面の焦点は、前記第1面上における前記放射端子が接触する位置に形成される上記第19の本発明の非球面ロッドレンズ

である。

【0039】第21の本発明は、前記第2面からの前記透過光が前記集光ビームであり、前記第2面の焦点は、前記第1面よりもレンズの内側に形成される上記第19の本発明の非球面ロッドレンズである。

【0040】第22の本発明は、前記傾斜角が、6度、8度、又は12度である上記第15の本発明の非球面ロッドレンズである。

【0041】第23の本発明は、上記第15の本発明の非球面ロッドレンズの製造方法であって、レンズ素材が可塑性を生じる所定温度まで加熱する第1工程と、前記加熱したレンズ素材をレンズ形状に成形型を用いて加圧成形する第2工程と、前記所定温度からレンズ材質の転移点まで前記レンズ材質を加圧、冷却しながらレンズ両面を一体形成する第3工程と、前記成形したレンズ材質を転移点以下に冷却する第4工程と、を備え、前記第1面を成形する成形型の面に、前記光軸に垂直な面に対して傾斜している非球面ロッドレンズの製造方法である。

【0042】第24の本発明は、前記非球面ロッドレンズのレンズ素材が、前記光ファイバのコア屈折率に等しいレンズ素材である上記第1、6又は15の本発明の非球面ロッドレンズである。

【0043】第25の本発明は、前記非球面ロッドレンズの前記第1面と前記第2面に無反射コートが形成されている上記第1、6又は15の本発明の非球面ロッドレンズである。

【0044】第26の本発明は、前記非球面ロッドレンズの外周部に金属薄層が形成されている上記第1、6又は15の本発明の非球面ロッドレンズである。

【0045】第27の本発明は、前記非球面ロッドレンズの前記第2面の非球面部に波長フィルタが形成されている上記第1、6又は15の本発明の非球面ロッドレンズである。

【0046】第28の本発明は、前記非球面ロッドレンズのレンズ材質がガラス材料又は樹脂材料である上記第1、6又は15の本発明の非球面ロッドレンズである。

【0047】第29の本発明は、第1開口と、その第1開口に対向した第2開口を含む筒型のレンズ素材を配置するA行程と、前記レンズ素材を、可塑性を生じる温度まで加熱するB行程と、第1形状の端部を有する第1型と、非球面形状の凹部を有する第2形状の端部を有する第2型を、前記筒型の前記第1開口にスライドさせるD行程と、前記第1型の前記第2開口にスライドさせるD行程と、前記第2形状の端部と前記加熱されたレンズ素材を加圧し、非球面ロッドレンズを形成するE行程と、前記非球面ロッドレンズを所定温度以下に冷却するF行程とを備え、前記第1型の前記第1形状の端部が、球面又は平面である非球面ロッドレンズの製造方法である。

31

【0048】第30の本発明は、第1開口と、その第1開口に対向した第2開口を含む胴型にレンズ材料を配置するA行程と、前記レンズ材料を、可塑性を生じる温度まで加熱するB行程と、第1形状の端部を有する第1型を、前記胴型の前記第1開口にスライドさせるC行程と、半球面形状の凹部を有する第2形状の端部を有する第2型を、前記胴型の前記第2開口にスライドさせるD行程と、前記第1型の前記第1形状の端部と前記第2型の前記第2形状の端部との間で前記加熱されたレンズ材料を加圧し、半球面ロッドレンズを形成するE行程と、前記半球面ロッドレンズを所定温度以下に冷却するF行程とを備え、前記第1型の前記第1形状の端部が、少なくとも一つの凸部を有しており、前記E行程は、前記レンズ材料を前記第1形状の端部に設けられた凸部に加圧し、前記半球面ロッドレンズは少なくとも一つのガイド穴を形成する行程を含む半球面ロッドレンズの製造方法である。

【0049】第31の本発明は、前記胴型の内面は、前記内面の長手部に沿って、三角形形状又は平面部を含み、前記E行程は、前記レンズ材料を、前記胴型の前記内面の前記三角形形状又は平面部に加圧し、前記半球面ロッドレンズに所定の形状を形成する行程を含む上記第29又は30の本発明の半球面ロッドレンズの製造方法である。

【0050】第32の本発明は、前記胴型の内面は、その断面が所定の多角形状を有する多角柱の筒状であり、前記胴型の前記第1開口は、前記所定の多角形状を有している上記第29又は30の本発明の半球面ロッドレンズの製造方法である。

【0051】第33の本発明は、第1開口と、その第1開口に対向した第2開口を含む胴型にレンズ材料を配置するA行程と、前記レンズ材料を、可塑性を生じる温度まで加熱するB行程と、第1形状の端部を有する第1型を、前記胴型の前記第1開口にスライドさせるC行程と、半球面形状の凹部を有する第2形状の端部を有する第2型を、前記胴型の前記第2開口にスライドさせるD行程と、前記第1型の前記第1形状の端部と前記第2型の前記第2形状の端部との間で前記加熱されたレンズ材料を加圧し、半球面ロッドレンズを形成するE行程と、前記半球面ロッドレンズを所定温度以下に冷却するF行程とを備え、前記胴型は、前記半球面ロッドレンズの光軸に対応する長軸を有しており、前記第1型の前記第1形状の端部が、前記胴型の前記長軸と直交する面に対して所定の角度を有している半球面ロッドレンズの製造方法である。

【0052】

【発明の実施形態】以下、本発明の実施形態について、図1から図20を用いて説明する。

【0053】（実施形態1）図1は本発明による半球面ロッドレンズの一実施形態である。図1に示すよう

32

に、本発明の半球面ロッドレンズ12は、光ファイバ11から放射された光をコリメート光13に変換するコリメータレンズである。

【0054】図1において、光ファイバ11と半球面ロッドレンズ12は光軸を合わせて設置している。半球面ロッドレンズ12において、光ファイバ11側から順に、半球面ロッドレンズ12の入射面である第1面12aを球面とし、第2面12bを半球面形状に設計している。

【0055】光ファイバ11は単一モード光ファイバやマルチモード光ファイバ等を用いるが、図1の本実施形態においては単一モード光ファイバを使用した。また、一般に光ファイバを伝搬する光の波長は、850nm帯や光通信システムで使用される1310nm帯や1550nm帯が用いられるが、本実施形態では1550nmの波長を用いた。

【0056】また、レンズ材質は光学ガラスであり、本実施形態では単一モード光ファイバのコア屈折率に近く、屈折率が低い1.46から1.48程度の光学ガラスを使用した。また、レンズのサイズは直径2.5mm、長さ4.5mmであり、第1面を半径20mmの球面に形成し、第2面を半球面レンズとしている。

【0057】この半球面ロッドレンズにおける作用は、次のようなものである。光ファイバ11の端面から出射された光は、半球面ロッドレンズ12の第1面12aからレンズに入射し、レンズ媒質を通過した後、第2面12bで屈折されて、コリメート光13に変換される。このように、第2面12bを半球面形状で構成することによって、光ファイバ11が第1面に突き当てられた場合に、コリメート光13が得られ、収差のない光ビームを得ることが可能となる。本実施形態の半球面ロッドレンズによって得られた光ビーム径は、約340ミクロンであった。

【0058】このように第2面12bが半球面形状であっても、その第2面12bの焦点が第1面12aに形成されているような半球面ロッドレンズ12においては、光ファイバ11を単純に突き当てただけでコリメート光13を形成することが可能となる。さらに第2面は、透過する光の波長に基づいて、光ファイバからの広がり角を考慮した半球面形状に設計されており、レンズで発生する収差の影響を受けずに極めて良好なコリメート光を得ることが可能となる。特に、第2面は第1面と比較して曲率半径が小さく、通常の球面形状であれば、球面収差の影響が大きく現れるので好ましくない。

【0059】そこで、（数1）に示したように、双曲面形状に4乗項および6乗項等の高次項を加えた半球面形状に設計されている。半球面形状は、（数1）に示す一般式によって表される。

【0060】

【数1】

50

$$Z = \frac{C \cdot h^3}{1 + \sqrt{1 - (K-1) \cdot C^2 \cdot h^2}} + A \cdot h^4 + B \cdot h^6 + C \cdot h^8 + \dots$$

ここで、 $h = \sqrt{x^2 + y^2}$ で与えられ、(数1)における記号は以下のように定義される。

【0061】x、y：光軸に対し垂直方向の座標

z：光軸方向の座標

C：曲率半径

K：円錐定数 (Conic Constant)

A：4乗項、B：6乗項、C：8乗項

ここで、 $K=0$ であれば球面であり、 $K>0$ では短径を光軸とする楕円面、 $-1 < K < 0$ では長径を光軸とする楕円面、 $K=-1$ では方物面、 $K<-1$ では双曲面になる。これらの各パラメータを、使用する光の波長を考慮しながら、光ファイバや光源のスポットサイズや広がり角、レンズ前時の屈折率や厚み (光軸方向の長さ)、実現したい光ビームのビーム径等の条件を元に、シミュレーション等によって決定し、最適な非球面形状を得る。基準となる2次曲面は、曲率半径Cと円錐定数Kで決定され、非球面の多項式係数A、B、C等が必ずしも有限個でなくとも非球面形状を形成することができ

【0062】次に、本実施形態においては第1面を球面としたが、その効果について説明する。光ファイバは、一般に光コネクタ内のフェルルやキャピラリに固定される。光コネクタは、光ファイバを光ファイバや機器に簡単に接続するための部品である。そこで用いられるフェルルは、光コネクタ部品の一つで、光ファイバの端面を保持し、接続相手であるフェルルで支持された光ファイバの端面や、レンズ等に正確に突き合わせる役割を担っている。単一モード光ファイバの場合には、光コネクタを接続した状態で、フェルルが光ファイバのコア径 (例えば、直径9ミクロン) 同士を正確に突き合わせ、所定の圧力で押し付ける必要が出てくる。

【0063】光ファイバから出射された光は異なる媒質に入射される際に端面反射を生じる。光ファイバの端面処理によって反射して戻る光損失、つまり反射減衰量 (後方反射) が決まる。反射減衰量は、フェルルやコネクタから次の媒質に伝搬する光P1と、フェルルや光コネクタの端面で光源側に戻る光P2との比、即ち $-10 \times \log (P1/P2)$ で定義される。例えば、50dBでは1C万分の1の光パワーしか戻らないことを示す。

【0064】反射減衰量を最大にすることは、高速な光通信システムにおいて非常に重要である。そこで利用されるDFBレーザのような狭帯域光源は、モードホッピングや出力変動が起こりやすい性質を持っており、戻り光をできるだけ低減することが重要である。そのため、フェルルの端面を凸球面に加工し、光ファイバのコアを密着させてフレネル反射を少なくするPC (Physical

Contact) 接続が必要となる。

【0065】そこで、本実施形態においては、フェルルに固定された光ファイバと物理接触が取り易いようにするために、第1面を半径20mmの球面形状に構成した。

【0066】これによって、反射戻り光を低減するという格別の効果を得られた。但し、物理接触を取ることが出来るのであれば、必ずしも半径20mmの球面である必要はなく、半径10mmや半径30mmでも反射戻り光を低減するという格別の効果を得ることができる。

【0067】本実施形態の非球面ロッドレンズを用いて測定した挿入損失の測定結果を図19(a)、図19(b)に示す。

【0068】図19(a)は測定方法を示しており、光ファイバ11から出射された光は、非球面ロッドレンズ191によってコリメート光に変換される。そのコリメート光を、入射側の非球面ロッドレンズ191に対して逆向きに配置された非球面ロッドレンズ192によって受光し、出射側光ファイバ11に結合する。

【0069】この時、入射側非球面ロッドレンズ191から出射された光パワーをP1、最後に出射された光パワーをP2とすると、挿入損失は、 $-10 \times \log (P1/P2)$ から計算される。

【0070】つまり、挿入損失は光伝送系で光コネクタ等の光部品や空間を挿入することにより、もとの伝送系が受ける光損失の増加分を示し、できるだけ小さい方が好ましい。

【0071】図19(b)には、従来の両凸レンズを△、GRINレンズを□、本願発明による非球面ロッドレンズを○として測定結果を示している。

【0072】図19(b)から分かるように、本願発明による非球面ロッドレンズが非常に平行性の良い、面隙が無くても挿入損失が増加しない優れたコリメータを提供できることが分かる。

【0073】次に、光接続部の界面について説明する。一般に、屈折率 $n1$ と $n2$ の2つの物質界面における反射率(R)は、(数2)で表される。

【0074】

(数2)

$$R = \left(\frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} \right)^2$$

従って、屈折率差の大きい界面では、反射率が大きくなる。そこで界面での反射率を低減するために、誘電体多層膜による無反射コート (ARコート) を施して反射率を低減することも考えられる。本実施形態においては、第1面を平面にして非球面ロッドレンズを構成することも可能であったが、入射側光ファイバ11と第1面、さらには、第2面と出射側光ファイバ14に無反射コートを施せば、反射率が低減され、反射戻り光も低減された。

【0075】また、本実施形態で使用したガラス材料は、単一モード光ファイバのコア材料の屈折率に近い材料を選択している。従って、単一モード光ファイバを本実施形態の非球面ロッドレンズに突き当たった際には、屈折率差による反射率 R が小さくなるという効果が得られる。即ち、光ファイバと接合する光学材料、ここではレンズ材料の屈折率が、光ファイバのコア材料に近い場合には、無反射コート（ARコート）を形成しなくとも反射率の低い接合が可能となり、低コスト化できるという大きな利点もある。

【0076】（実施の形態2）次に、上記実施の形態1で述べた非球面ロッドレンズを製作する方法について図面を参照しながら説明する。図2（a）、図2（b）は、非球面ロッドレンズの製作工程を示す図である。

【0077】図2（a）、図2（b）に示すように、非球面ロッドレンズの製作方法は、第1工程として、ガラスからなるレンズ素材21の光軸を制御するタングステンカーバイドからなる型型24と、タングステンカーバイドからなる上金型22および下金型23とによって、レンズ素材21を位置決めすると共に、ガラスが可塑性を

生じる所定温度まで加熱する。第2工程として、加熱したレンズ素材21を上金型22と下金型23とによってレンズ形状に加压成形する。

【0078】第3工程として、ガラスが可塑性を生じる所定温度からガラスの転移点まで、レンズ素材21を加压、冷却しながら成形する。このとき、スぺーサ25により、上金型22と下金型23の平行度およびレンズ素材21の厚み寸法を制御する。第4工程として、成形したレンズ素材21をガラスの転移点以下に冷却する。

【0079】ここで本実施形態においては、特に非球面ロッドレンズの第2面を形成する上金型の所定部位22aを球面もしくは平面に、第2面を形成する下金型の所定部位23bを非球面に設計していることに特徴がある。

特に、第2面を形成する下金型に正確に設計した非球面形状を形成することが重要である。

【0080】即ち、上述した様に、本発明の非球面ロッドレンズの製造方法としては、例えば、図2を用いて説明すると、（a）上金型22を挿入するための第1開口と、下金型23を挿入するための、第1開口に對向した第2開口を含む型型24にレンズ素材を配置するA工程と、（b）前記レンズ素材を、可塑性を生じる温度まで加熱するB工程と、（c）上金型22（本発明の第1形状の端部を有する第1型に対応する）を、前記型型の前記第1開口にスライドさせるC工程と、（d）下金型23（本発明の非球面形状の凹部を有する第2形状の端部を有する第2型に対応する）を、前記型型の前記第2開口にスライドさせるD工程と、（e）上金型の所定部位22a（本発明の第1型の前記第1形状の端部に対応する）と下金型の所定部位23a（本発明の前記第2型の前記第2形状の端部に対応する）との間で前記加

熱されたレンズ素材を加压し、非球面ロッドレンズを形成するE工程と、（f）前記非球面ロッドレンズを所定温度以下に冷却するF工程とを備え、上金型の所定部位22aが、球面又は平面であるという構成である。

【0081】このように本実施形態の非球面ロッドレンズの製作方法によれば、金型精密成形方法によって、金型の非球面形状を再現性よく精密に転写できるので、非常に低コストに簡便性よく非球面ロッドレンズを製作することが可能となる。

【0082】（実施の形態3）図3は、本発明の非球面ロッドレンズの実施の形態である。

【0083】図面に示す非球面ロッドレンズ31の特徴は、光ファイバを接着固定するフェルル32のキャピラリ33の直径と同じ直径に非球面ロッドレンズ31を

製作した点である。

【0084】このようにフェルル32のキャピラリ33と同じ直径とすることによって、光デバイスを構成する際に、組み立て作業が効率化される利点がある。フェルルに使用されるキャピラリとしては、SCコネクタ、またはFCコネクタ用として直径2.5mmのキャピラリがあり、MUコネクタ、またはLCコネクタ用として直径1.25mmのキャピラリがある。

【0085】本願の実施形態では、それらのサイズに合わせて、2.5mmや1.25mmの非球面ロッドレンズを製作した。割りスリーブやセラミックスリーブ等に固定し易く組み立てコストを低減できるという格別の効果があった。

【0086】具体的には、図4に示すように、その非球面ロッドレンズ41の外径と、フェルル42のキャピラリ43の外径を一致させた上で、割りスリーブ44を用いて一体に固定したものである。非球面ロッドレンズ41とフェルル42とを、割りスリーブ44を用いて一体に固定することによって、光ファイバ11とレンズ41の光軸を容易に同軸とすることが可能となり、コリメータ光が得られる距離が長く、良好なコリメータ光を得ることが可能となる。

【0087】ここで、非球面ロッドレンズの外径は、MUコネクタ用フェルル42のキャピラリ43直径1.25mmに合わせて製作したものである。

【0088】次に、図5を用いてコリメータ光学系により構成した光機能デバイスについて説明する。図5は光ファイバ11と光機能素子57、光ファイバ14を、レンズを介して結合する光機能デバイスについて示している。この光機能デバイスは、入射側光ファイバ11、それを固定するキャピラリ52、非球面コリメータレンズ51、スリーブ53、光機能素子57、集光する非球面コリメータレンズ54、キャピラリ55、スリーブ56、出射側光ファイバ14から構成される。

【0089】ここで、図5に示す光機能デバイスの作用について説明する。キャピラリ52で固定された光ファ

17

イバ11から出射した光は、非球面ロッドレンズ51によってコリメート光13となり、光機能素子57を介して、受光側の非球面ロッドレンズ54に入射する。非球面ロッドレンズ54に入射されたコリメート光は、出射側のキャピラリ55に固定された光ファイバ11に結合される。

【0090】本実施形態では、レンズ間の距離を5mmでコリメート光結合系を構成したが、本発明の非球面ロッドレンズによれば、さらに長い距離、例えば光スイッチ用として100mmの距離でも、結合効率が高いコリメート光結合系を形成することが可能であった。その時の挿入損失の測定結果は、図19に示されており、距離100mmでの挿入損失は、0.5dBであった。

【0091】尚、ここでは直径1.25mmのMMFフェルル用キャピラリに合わせた非球面ロッドレンズについて示したが、フェルル用キャピラリの外形サイズである直径2.5mmや1.25mmだけでなく、例えば、光機能デバイスの組み立てに使用されるキャピラリの外形サイズ、直径1.8mmや1.4mm、さらに小さな直径を有するマイクロキャピラリに合わせて、直径1.0mm以下で、直径1.0mmや0.5mmに、本願の非球面ロッドレンズを作製することも可能である。そして、それらのキャピラリに固定された光ファイバと組み合わせて、光結合系を形成しても、結合効率の高いコリメート光系を実現することが可能であった。

【0092】(実施形態4) 図6(a)～図6(e)は、本発明の非球面ロッドレンズの一実施形態及び、その変形例を説明する図である。

【0093】この非球面ロッドレンズ81は、第1面61a、第2面61b、光ファイバガイド穴61cからなる。

【0094】即ち、この非球面ロッドレンズには、成形で形成される凹部を有するガイド穴61cが設けられている。この非球面ロッドレンズは、例えば、外径1mmで長さ3mm程度と非常に小型なマイクロレンズとなっており、光ファイバガイド穴の直径は、光ファイバの素線が挿入可能な内径125ミクロンや250ミクロン程度となっている。

【0095】このガイド穴61cの中心は、非球面ロッドレンズ81の光軸上に設けられており、光ファイバを挿入すれば、コリメート光が得られる構成となっている。即ち、光ファイバ11を伝搬してきた光は、非球面ロッドレンズ61のガイド穴61cに固定された光ファイバ11の端面から出射されるが、非球面ロッドレンズ61内を伝搬した後、第2面61bの非球面でコリメート光に変換される。その結果、従来と比べて、組み立てが容易で、コリメート光が得られる距離が長く、良好なコリメート光が形成されることになる。

【0096】図7(a)～図7(c)に、これらの非球面ロッドレンズの斜視図を示す。

10

【0097】図7(a)が入射側から見た図であり、図7(b)が出射側から見た図である。尚、図7(c)については、後述する。

【0098】図7(b)に示すように、ガイド穴71cに挿入された光ファイバ11の端面から出射された光は、非球面ロッドレンズ71により、コリメート光に変換されることが分かる。

【0099】この様に光ファイバを固定するガイド穴を形成することによって、光軸が無心で組み立てが簡単になり、低コストに非球面ロッドレンズと光ファイバを接続することが可能となる。図6(b)は第1面から見たガイド穴の形状を示しており、ガイド穴が円筒状であるが、光ファイバを固定することが出来れば、三角柱状や、図6(c)に示すような円角柱状や多角柱状でも可能である。

【0100】さらに、ガイド穴径は、必ずしも光ファイバの素線の外径250ミクロンでなくとも、さらに小さな外径の125ミクロンや大きな外径である0.5mmや0.9mmでも可能である。

【0101】また、図6(d)、図6(e)に示したように、光ファイバを2本固定することができるガイド穴を形成することも可能である。この際、図6(d)のように、2つのガイド穴63cを並列に形成することや、図6(e)のように、2つの光ファイバを並べた時に同時に挿入可能なガイド穴64cを形成することも可能である。さらには、複数のガイド穴を形成して光ファイバアレイを挿入固定することも可能である。

【0102】このように2つの光ファイバを固定して、コリメータレンズを形成したデバイスは従来は存在しない。この様な構成により、ハイブリッド光アイソレータや光サーキュレータ、光スイッチ、光ファイバアンプ、光減衰器に適用することが可能となり、光通信システムにおいては重要な光機能デバイスを形成することができ、本実施形態によれば、容易にDCFを作製することが可能となる。

【0103】尚、従来のデュアルファイバコリメータ(DCF)は、2本の光ファイバを第1面に接触させた構成であり、本実施形態のように、レンズ側にガイド穴は設けられていない。

【0104】図7(c)に、本実施形態のDCFの非球面ロッドレンズの斜視図を示す。

【0105】図7(c)に示す様に、ガイド穴72cに挿入された2本の光ファイバ11xと11yの端面から出射された光は、非球面ロッドレンズ71により、コリメート光13xと13yに変換されることが分かる。ここで、2本の光ファイバ11xと11yの間隔は、125ミクロンや250ミクロンのピッチ間隔で設けられている。ピッチ間隔が250ミクロン以下の場合には、非球面ロッドレンズ72の射出端面72aの非球面形状は、シングルファイバコリメータ71の射出端面71a

50

の非球面形状と同じでも良好なコリメート光を得ることが可能である。250ミクロン以上のピッチ間隔で複数の光ファイバを並べて、非球面ロッドレンズのガイド穴に光ファイバを挿入する場合には、非球面形状72aを自由曲面に設計して、複数の光ファイバの光軸上にそれぞれ中心軸を有する非球面マイクロレンズアレイを形成することがより好ましい。

【0106】ここでは、ガイド穴に挿入する光の放射源として、光ファイバを用いる場合の例について述べたが、ガイド穴に収納可能である半導体レーザや、面発光レーザなどの光源に対しては同様にガイド穴を有する非球面ロッドレンズを用いて、コリメート光や集光ビームを形成することも可能である。

【0107】上述の様に、ガイド穴を設けることによって、複数の光ファイバやチップ状の多芯光ファイバを固定する際でも光軸調整が不要となり、所定の間隔で光ファイバを容易に且つ精度良く固定することが可能となる。これにより、低コストなDCFなどを実現することが出来る。

【0108】尚、ここでは、レンズの第1面にガイド穴を設けて、複数の光ファイバを固定する方法について述べたが、これに限らず例えば、レンズ以外のブロック状のガラス部材に上記と同様のガイド穴を設けて、複数の光ファイバやチップ状多芯ファイバを固定して、光ファイバアレイを構成することも可能である。

【0109】(実施の形態5)次に、光ファイバガイド穴付き非球面ロッドレンズを作製する方法について図8(a)、図8(b)を参照しながら説明する。図8(a)、図8(b)は、非球面ロッドレンズの作製工程を示す図である。

【0110】ここで、本実施形態による非球面ロッドレンズの作製方法が、実施の形態2に示した図2(a)、図2(b)と異なる点は、図8(a)、図8(b)に示したように、タングステンカーバイドからなる上金型82に、ガイド穴を形成するための凸部82aを設けた点である。

【0111】このようにガイド穴を形成したい面の金型に突起部を設けることによって、ガイド穴を有する非球面ロッドレンズを容易に一併形成することが可能となる。

【0112】ここで技術的に重要なことは、硬度の高いタングステンカーバイドの金型に直径125ミクロンや250ミクロン程度の凸部を形成する方法である。本発明では、金型に精度の高い凸部を形成するために、マイクロ放電加工を用いた。

【0113】マイクロ放電加工によれば、直径125ミクロンや250ミクロンの凸部を金型表面に形成することが可能である。この凸部は、円筒形状が加工し易いが、三角形状や四角形状、多角形状に加工することも可能である。

【0114】又、1つの凸部だけではなく、複数の凸部を並列させて加工することも可能である。

【0115】さらに、そのように複数の凸部を金型表面に加工して、非球面ロッドレンズの第1面にガイド穴を形成し、光ファイバアレイを作製することも可能である。

【0116】例えば、非球面ロッドレンズの第1面を形成する上金型にガイド穴用凸部を2つ並べるか、図8(e)に示したようなガイド穴2つ分を成形できる凸部を加工した場合には、成形された非球面ロッドレンズの第1面に光ファイバを2つ並列固定することによって、デュアルファイバコリメータを実現することも可能である。

【0117】尚、ここで用いた成形金型には、光ファイバを挿入可能な直径125ミクロンの円柱を2つ並べた程度の幅で、高さが500ミクロンから5mm程度の大きさの突起部を加工する必要がある。本願では、微細加工が可能なマイクロ放電加工を用いて金型加工を施した。マイクロ放電加工を用いることによって、超硬金型を精度良く微細に加工することが出来、複数の突起部を有する金型を実現することが可能となる。

【0118】このように本実施形態の非球面ロッドレンズの作製方法によれば、非常に低コストで、量産性よく光ファイバガイド穴が形成された非球面ロッドレンズを作製することが可能となる。

【0119】(実施の形態6)次に、図9(a)～図9(c)の本発明の非球面ロッドレンズの一実施の形態について説明する。

【0120】図9(a)、図9(b)は非球面ロッドレンズ91を示した斜視図である。

【0121】図9(a)は入射側から見た図であり、図9(b)が射出側から見た図である。

【0122】この非球面ロッドレンズ91が、図1に示す非球面ロッドレンズと異なる点は、非球面ロッドレンズ91の側面部に一对の溝91cを設けた点である。このレンズの作用は、非球面ロッドレンズ91の第1面91aに突き当てられた光ファイバ11から射出された光は、非球面ロッドレンズ91を通過して、第2面91bで屈折されてコリメート光13となる。

【0123】ここで、一对の溝は91cは、図9(c)に示すように、例えば光機能デバイスの中で固定板92に位置決めする際に有効であり、組み立ての際に容易に固定することができ、低コストに非球面ロッドレンズを位置決めすることが可能となる。

【0124】この溝付き非球面ロッドレンズを作製する方法を図10(a)～図10(c)に示す。

【0125】図10(a)～図10(c)は、非球面ロッドレンズの作製工程を示す図である。

【0126】ここで、本実施形態による非球面ロッドレンズの作製方法が、実施の形態2に示した図2と異なる

点は、図10(b)に示したように、タングステンカーバイトからなる胴型104の内側に、溝部を形成するための三角形状部104aを設けた点である。このように非球面ロッドレンズの外周部分を形成する金型に三角形状部を設けることによって、溝部を有する非球面ロッドレンズを容易に成形することが可能となる。非球面ロッドレンズに溝部を形成するには、精密研削も考えられるが、本実施形態のように成形方法によって側面部に溝を形成すれば、非常に低コストに位置決め用の溝を形成することが可能となる。

【0127】ここで、本実施形態では、金型に加工する溝形状を三角形状部としたが、半円形状や凸形状でも可能である。さらに、金型を成形体とうまく離すために、長手方向の全部に溝を形成しなくとも、第1面近傍や、第2面近傍等の外周部の一部に溝を形成することも可能である。

【0128】(実施の形態7) 次に、図11(a)、図11(b)の本発明の非球面ロッドレンズの一実施の形態について説明する。

【0129】本実施形態が、実施の形態1に示した図1の非球面ロッドレンズと異なる点は、形状が円筒ではなく、側面の一部が平面形状111cとなっている点である。

【0130】図11(a)に、外形の一部が平面形状の非球面ロッドレンズ111を示している。このレンズの作用は、非球面ロッドレンズ111の第1面111aに突き当てられた光ファイバ11から出射された光は、非球面ロッドレンズ111を通過して、第2面111bで屈折されてコリメータ光13となる。

【0131】このように側面の一部を平面形状111cとすることによって、図11(b)に示すように、例えば、光機能デバイスの中で固定板112に容易に固定して位置決めすることが可能となる。特に、高さ方向の位置決めが容易となり、複数の非球面ロッドレンズ111を並べることによって、容易にコリメータレンズアレイや光ファイバコリメータアレイを形成することが可能となる。

【0132】この一部に平面形状のある非球面ロッドレンズを作製する方法を図12(a)～図12(c)に示す。

【0133】図12(a)～図12(c)は非球面ロッドレンズの作製工程を示す図である。

【0134】ここで、本実施形態による非球面ロッドレンズの作製方法が、実施の形態2に示した図2と異なる点は、図12(b)に示したように、タングステンカーバイトからなる胴型124に、平面部124aを設けた点である。このように非球面ロッドレンズの外周部分を形成する金型の一部に平面部を設けることによって、平面部を有する非球面ロッドレンズを容易に形成することが可能となる。

【0135】本実施の形態のように成形方法によって側面部に平面部を形成すれば、非常に低コストに位置決め用の面を形成することが可能となる。

【0136】(実施の形態8) 次に、図13(a)、図13(b)の本発明の非球面ロッドレンズの一実施形態について説明する。

【0137】本実施の形態が、実施の形態1に示した図1の非球面ロッドレンズと異なる点は、形状が円筒ではなく、多角形状の四角柱状や六角柱状となっている点である。

【0138】図13(a)に、外形が四角柱状の非球面ロッドレンズ131を示しており、図13(b)には外形が六角柱状の非球面ロッドレンズ132を示している。このレンズの作用は、非球面ロッドレンズ131、132の第1面131a、132aに突き当てられた光ファイバ11から出射された光は、非球面ロッドレンズ131、132を通過して、第2面131b、132bで屈折されてコリメータ光となる。

【0139】このように四角柱状や六角柱状とすることによって、複数の非球面ロッドレンズの側面を重ね合わせることで、容易に光ファイバコリメータアレイを形成することが可能となる。その実施形態を図14(a)、図14(b)に示す。

【0140】図14(a)では、四角柱状の非球面ロッドレンズ131、141が、その側面を利用して、2個並列に並べられている。また、図14(b)では、六角柱状の非球面ロッドレンズ132、142が、その側面を利用して、3個並列に並べられている。

【0141】このように形成した非球面ロッドレンズアレイは、レンズの光軸の間隔を精度よく形成することが可能となり、精度のよい光ビーム間隔を形成することが可能となり、コリメータレンズアレイや光ファイバコリメータアレイを非常に容易に構成することが可能となる。

【0142】この多角柱状の非球面ロッドレンズを作製する方法を図15(a)～図15(c)に示す。ここでは、六角柱状を成形する方法について記述する。

【0143】図15(a)～図15(c)は非球面ロッドレンズの作製工程を示す図である。

【0144】ここで、本実施形態による非球面ロッドレンズの作製方法が、実施の形態2に示した図2と異なる点は、図15(b)に示したように、タングステンカーバイトからなる胴型154に、六角角成形部154aを設けた点である。

【0145】このように非球面ロッドレンズの外周部分を形成する金型の一部に六角角成形部を設けることによって、六角柱の平面部を有する非球面ロッドレンズを容易に形成することが可能となる。

【0146】但し、多角柱状を成形する際に、レンズ材料から金型をうまく離すために、側面部を成形する胴型

154を2つ割りにすることも可能である。本実施形態のように成形方法によって側面部に多角柱状の平面部を形成すれば、非常に低コストに位相決め用の面を形成することが可能となり、レンズアレイを精度よく作製することが可能となる。

【0147】尚、図6(a)～図8(b)に示す単一又は複数の光ファイバをガイドするためのガイド穴を、例えば、図9～図15(c)に示す非球面ロッドレンズに形成した構成も本発明の範囲に含まれることは言うまでもない。

【0148】(実施の形態9)次に、図16(a)～図16(d)、図22(a)、図22(b)の本発明の非球面ロッドレンズの実施形態について説明する。

【0149】図16(a)に示す非球面ロッドレンズ161は、光軸に対して斜めに形成された第1面161aと、非球面形状による第2面161bからなる。

【0150】この第1面161aは、光ファイバ11側へ、反射による戻り光の発生を防止するために傾斜面となっている。この非球面ロッドレンズは、例えば、外径1mmで長さが3mm程度や外径が2.5mmで長さが4.5mmと非常に小型なロッドレンズとなっている。

【0151】ここで、形成される第1面の角度 θ は6度～12度が一般的であるが、8度以上で、10度や10度以上に設計することも可能である。従って、第1面の角度 θ は、6度、7度、8度、10度、12度等が可能であり、さらに大きな角度も設計可能である。

【0152】尚、図16(a)の実施形態では第1面161aを傾斜平面として形成した非接触タイプの非球面ロッドレンズを示した。これに対して、図16(b)の例では、APC (Angled Physical Contact) 研磨を施したフェルルにPC接続できるように、傾斜角度を付けてPC形状に第1面を形成した、接触タイプの非球面ロッドレンズを示す。

【0153】さらに、図16(c)には、第1面の一部を傾斜面に形成した非球面ロッドレンズを示している。図16(c)のような第1面を形成すると、図16(d)に示したように斜め研磨を施したフェルル164や光ファイバと接続するのに物理接触 (Physical Contact) が取り易く、光接続において反射損失が小さくなり有効である。

【0154】ここで、光ファイバの端面処理について説明する。光ファイバの端面処理は主に4種類の方法があり、一般にフェルルやキャピラリに固定した上で、平面研磨、凸面研磨 (PC研磨)、精密凸面研磨 (精密PC研磨)、斜め研磨等がある。コネクタ端面の平面研磨は、後方反射を約-16dB (4%) に減らし、凸面研磨であるPC研磨は十分にコープした表面を持ち、ファイバコネクタ面と整く場合には、その端面を物理的に接触させることができる。

【0155】これによって、屈折率の異なる空気界の存在を最小にし、反射減衰量を30～40dBに抑えることが可能になる。

【0156】凸面 (PC) 研磨は、多くの用途において最もよく用いられるコネクタ端面処理の方法である。さらに、精密凸面研磨 (アドバンスドPC研磨) は、コネクタ端面の品質をさらに向上させるために、研磨工程を増やしており、後方反射は40～55dBになる。

【0157】このような研磨は高速デジタル光通信システムに用いられる。また、斜め研磨は、端面に角度をつけて研磨する方法で、角度付きPC研磨は、前述したように、一般に端面に6～8度の傾斜を与えながら、PC研磨を施したものである。この場合も、光ファイバのコアは互いに接触するが、反射光はある角度をもって反射し、もう一方の光ファイバのコアを外れるので反射減衰量は60dB以下になる。

【0158】従って、本実施の形態の図16(a)では、光ファイバの端面が光軸に直交する平面であるものとして示しているが、光ファイバ端面での反射戻り光を防止するために、図16(d)に示す様に端面165aが、斜め研磨された光ファイバを用いて、図16(a)に示された非球面ロッドレンズと組み合わせることも可能である (図22(a)参照)。又、斜めPC研磨された光ファイバと組み合わせるために、図16(b)に示された非球面ロッドレンズを組み合わせることも可能である。この場合、特に図16(a)～(c)に示した傾斜角 θ が6～8度の場合には、PC接続が容易で、戻り光が低減され、前述したファイバコネクタやデュアルファイバコネクタ等に対しても格別の効果が見られる。

【0159】図22(a)は、図16(d)に示す光ファイバ端面165aと図18(a)に示すレンズの第1面161aが、共に接触しないで、所望の距離Yを隔てて配置されている場合について示している。この場合、その非球面形状の設計は、非球面ロッドレンズ161の射出側から、即ち、第2面161bの右手方向からコリメート光が入ってきた時に、その焦点位置が、フェルル185に内蔵された光ファイバの端面185aに形成される様に設計する。即ち、非球面ロッドレンズの第2面161bの前後焦点が、光ファイバ端面185aに形成される様に非球面形状を設計することが重要である。

【0160】ここで、光ファイバ端面185aの傾斜角 θ と、斜めに形成された非球面ロッドレンズの入射端面161aの傾斜角 θ は、同じ角度である場合もあるが、必ずしも同じ角度である必要はなく、反射戻り光が光ファイバに戻らない様な関係であればよい。特に、入射側光ファイバの端面は、一般に8度の斜め研磨を施される場合が多いので、それに対して成形によって作製される非球面ロッドレンズの第1面は、4度から9度に設計することが好ましい。

【0161】ここで、一般に平行光とは、有限の大きさをもつ物体があり、その各面から出た光線が平行になっている状態と、無限小の物体があり、その点から出射された光が全て平行になっている状態との2つの意味を有している。

【0162】従って、光ファイバ端面や光源は、一般に有限の大きさを持ち、理想的な点光源ではないので、レンズからの出射光は、広がってしまうことに注意を要する。直線Aの光源から出る光を、焦点距離 f のレンズで平行光に変換する場合、平行光の発散角 θ （全角）は A/f （ラジアン）と表される。光源上の1点から出た光ビームは平行にできても、その光ビームを光源の他の1点から出た光ビームとは有限の角をなすために出射光は広がってしまう。

【0163】従って、有限の大きさの光源から出ただけ発散角の小さい光ビームを実現するには、焦点距離の長いレンズを設計し、入射光が半球面レーザやシングルモードファイバからの放射光の様にガウスビームの場合に、ビームウェストがレンズの第2面からできるだけ遠く距離に形成される様に第2面の非球面形状を設計することが重要である。

【0164】更に、図22(b)は、図16(b)のファイバ接触部を拡大した図である。この場合には、光ファイバの先端部11aが、所定の角度を有する斜めの曲面、即ち、APC (Angled Physical Contact) 研磨を施されている。その光ファイバ端面11aが、同様に角度 θ の傾斜角を有する斜め曲面状(162a)に形成された非球面ロッドレンズ162に接触している。この場合には、非球面ロッドレンズの第2面からの透過光はコリメート光となっており、その第2面である出射面162bの非球面形状は、第2面の前面焦点が第1面(162a)上における光ファイバ端面に接触する位置1601に形成される様に設計する。

【0165】この第1面が傾斜面である非球面ロッドレンズを作製する方法を図17(a)、図17(b)に示す。

【0166】図17(a)、図17(b)は、非球面ロッドレンズの作製工程を示す図である。

【0167】ここで、本実施形態による非球面ロッドレンズの作製方法が、実施形態2に示した図2と異なる点は、図17(a)に示したように、タングステンカーバイドからなる上金型172に、傾斜面を形成するための斜面部172aを設けた点である。

【0168】このように斜面を形成したい面の金型に斜面部172aを設けることによって、第1面を傾斜面とした非球面ロッドレンズを容易に成形することが可能となる。非球面ロッドレンズに傾斜面を形成するには、作製後に精密研磨も考えられるが、本実施形態のように成形方法によって一度に成形すれば、非常に低コストに第1面を傾斜面として非球面ロッドレンズを形成すること

が可能となる。

【0169】尚、上述した本実施形態の非球面ロッドレンズの製造方法において、金型に傾斜面172aを設けた構成は、つぎの様に説明することが出来る。即ち、図型174は、非球面ロッドレンズの光軸に対応する長軸（図示省略）を有しており、上金型172の傾斜面172a（本発明の第1型の第1形状の端部に対応する）が、図型174の前記長軸と直交する面に対して所定の角度（図17に示す角度 θ に対応する）を有している構成である。

【0170】尚、上金型の傾斜面は、平面に限らず、例えば、図22(b)に示す非球面ロッドレンズを製造する場合は、第1面(162a)に対応した曲面形状となり、この場合は、上記所定の角度は、図22(b)に示す角度 θ に対応する。

【0171】また、図16(b)に示した第1面が斜めPC面や、図16(c)に示した第1面が一部斜め面に形成された非球面ロッドレンズも、本実施形態によれば容易に成形することが可能となり、金型の非球面形状を再現性よく精密に転写できるので、非常に低コストに量産性よく非球面ロッドレンズを作製することが可能となる。

【0172】なお、これまで述べた非球面ロッドレンズの成形方法において、タングステンカーバイドからなる成形金型について述べたが、レンズ材料によって、ガラス成形が可能であれば低膨張の結晶化ガラス等別の材料からなる成形金型を用いて非球面ロッドレンズを成形することも可能である。

【0173】（実施形態10）図18(a)は、本発明の非球面ロッドレンズの一実施形態について示している。

【0174】図18(a)に示す非球面ロッドレンズは、集光ビーム用非球面ロッドレンズ181である。

【0175】本実施形態がこれまでに説明した実施形態と異なる点は、光結合系がコリメート光学系ではなく、集光ビーム光学系、または共焦点光学系で構成されている点である。光検出デバイスを構成するにはコリメート光学系がよく適用されるが、必ずしもコリメート光学系ではなく、集光ビーム光学系によって光結合系を構成することも可能である。

【0176】図18(a)に示したように、集光ビーム用非球面ロッドレンズ181を用いることによって、光ファイバ11から出射された光が集光ビーム183に変換されていることが分かる。

【0177】従って、非球面ロッドレンズにおいて、屈折率やレンズ長さ（厚み）、非球面形状を適切に設計すれば、これまでの実施形態で記述した非球面ロッドレンズを、コリメータレンズとして使用するだけでなく、集光ビームを形成する非球面ロッドレンズとして使用することも可能である。

【0178】具体的には、第2面181bの焦点が、第1面181a上における光ファイバ11の放射端部が接合される位置よりも非球面ロッドレンズ181の内側に形成される様に、設計することが重要である。

【0179】図18(b)は、集光ビーム光学系で光結合系を構成した場合を示す。このような共焦点光学系で光機能デバイス用に光結合系を構成することも可能であり、その際に、屈折率やレンズ長さ（厚み）、非球面形状を検討して、これまで詳しく述べた本発明の非球面ロッドレンズを適用することも、結合効率、位置決め精度、組み立て容易性の点から非常に有効である。

【0180】（実施の形態11）これまで述べた非球面ロッドレンズの実施形態では、レンズ材料として、ガラス材料について述べたが、金型や加熱温度、時間、レンズ材料の仕込み量や注入の仕方を変えれば、プラスチック材料や樹脂材料等を用いることも可能である。

【0181】但し、レンズ材料として、プラスチック材料や樹脂材料を用いた場合には、射出成形法や射出圧縮成形法を用いて、本実施形態に示した非球面ロッドレンズを作製することも可能である。

【0182】さらに、本実施形態に示した金型成形方法によってプレスレンズを作製することも可能である。

【0183】この場合には、成形した後に、プラスチックや樹脂材料が型離れし易い金型を選択する必要がある。例えばガラス材料を用いた金型で成形することも精度良く非球面形状を転写するのに有効である。

【0184】（実施の形態12）実施の形態1で述べたように、非球面ロッドレンズのレンズ材料の屈折率を光ファイバのコア屈折率に等しくすれば、反射率が低減され、光ファイバと本発明のレンズを接続する際に格別

の効果が認められた。

【0185】実施の形態1では、単一モード光ファイバのコア屈折率を考慮して、屈折率を1.46から1.48としているが、種々の光ファイバのコア屈折率に近い値であれば、他の屈折率を有する光学ガラスでも同様に反射率を低減することが可能である。

【0186】従って、光結合する光ファイバによって、そのコア屈折率にほぼ等しい屈折率を選択してレンズ材料を決定し、容易に非球面レンズを成形することが可能である。

【0187】また、実施の形態1で述べたように、非球面ロッドレンズの両面に無反射コート（ARコート）を形成しても、挿入損失を低減することができ、高性能な光機能デバイスを構成するのに効果があった。

【0188】図20(a)にARコートを形成した非球面ロッドレンズについて示す。

【0189】非球面ロッドレンズ201の第1面201aと第2面201bの両面にARコート201cが形成されている。このように非球面ロッドレンズ201にARコート201cを施せば、光機能デバイスを構成する

場合に、非球面レンズ側は屈折率の異なる界面、例えば空気層に接するので、その界面での反射損失を低減するのに格別の効果があった。

【0190】次に、非球面ロッドレンズに対するメタライズ加工について、図20(b)に示す。

【0191】固定基板等にレンズを固定するために、非球面ロッドレンズ202の外周面（側面）に半田固定や接合固定用にメタライズ層（金属被覆層）202cを蒸着法等によって成膜すれば、非球面ロッドレンズを固定し易く、製造上極めて効果があった。

【0192】ここで、金属被覆層202cとしては、Niを標準コーティング材料として、Au、Fe、Cu、Ag、Sn等の合金のコーティングが可能であった。特に、半田固定を考えた場合には、Ni-Au合金や、Ni-Fe合金が効果的であり、側面全面でなくとも、側面の一部に金属被覆を形成するだけでも組み立てが容易となり、格別の効果が認められた。

【0193】さらに、非球面ロッドレンズに対する波長フィルタ加工について、図20(c)に示す。

【0194】本実施形態は、図20(c)から分かるように、非球面ロッドレンズ203に対して、光ファイバ11からの光が射出する第2面に誘電体多層膜による波長フィルタ203cが形成されていることを特徴とする。

【0195】このように波長フィルタを非球面ロッドレンズに形成することによって、レンズに光の波長選択機能を付加することが可能となる。光機能デバイスとして、波長フィルタを作製する際に、従来の対光ファイバリミニアタと光フィルタを組み立てる必要があったが、この波長フィルタを形成された非球面ロッドレンズを用いることによって、光フィルタを省略することが可能となり、組み立てが非常に簡素化され、波長フィルタの小型化も実現できる。

【0196】波長フィルタは、通常光学特性（屈折率）の異なる2種以上の材料を交互に周期的に積層させて構成し、積層構造によって光波の透過特性を制御する。

【0197】各層は対象とする光波に対して光路長（＝屈折率×厚さ×cos（入射角））が1/4分の1波長となるように設定するのが一般的である。

【0198】ここでは、誘電体多層膜の材料として、高屈折率材料にTiO₂、Ta₂O₅、ZrO₂やNb₂O₅、低屈折率材料にSiO₂等、また中間物質としてAl₂O₃を用いて波長フィルタを形成した。作製方法としては、例えば、蒸着、スパッタ、化学気相堆積等の方法が用いられているが、本実施形態では、光学特性をモニターしながらデュアルイオンビームスパッタ（DIBS）法を用いて波長フィルタを作製した。

【0199】また、非球面ロッドレンズに波長フィルタを形成する場合は、非球面ロッドレンズのレンズ長さ（厚さ）が短く、レンズ直径の小さいレンズ、即ち直徑

2mm以下の非球面ロッドレンズが、出射ビーム径が小さくなり、近軸領域で屈折される。そのため、収差の影響が少なく、かつ光ビームの波長フィルタへの入射角依存性が問題とならないので、波長分割多重光通信用フィルタ等に格別効果が認められた。

【0200】(実施形態13) また、これまで述べた非球面ロッドの実施形態では、光の入力手段として主に光ファイバについて記述したが、光ファイバの代わりに半導体レーザー(LD)、LED、面発光レーザー(VSEL)等の光源を適用することも可能である。

【0201】但し、LD光源の場合には、光が放射する開口数(NA)が異なるので、光ファイバの場合とは異なる最適な非球面形状の設計が必要である。

【0202】以上に述べたように、本発明の非球面ロッドレンズは、収差の影響を受けず、光軸調整が容易で、光ビームの平行性(コリメーション)や集光性が良好、即ち、コリメート光が長く形成でき、または容易に集光ビーム光学系が構成できるので、光結合系において結合効率が高いレンズを提供することが可能となる。

【0203】また、レンズアレイや光ファイバコリメータアレイを容易に形成することが可能となる。それにより、低コストで、高性能、小型な光機能デバイスが実現できるレンズとその作製方法を提供する。

【0204】本願に記載した非球面ロッドレンズは、光通信分野だけでなく、光変調回路基板、或いは画像情報処理装置や液晶表示装置にも幅広く、光結合や光信号処理用、光ビーム変換用として適用することが可能となる。

【0205】尚、上記実施形態では、光ファイバからの光を非球面ロッドレンズによりコリメート光又は集光ビームに変換する場合を中心に説明したが、これに限らず例えば、所定の光源として面発光レーザー等の光源を用いる構成でもよい。この様な構成でも、上記と同様の効果を発揮する。

【0206】上記構成によれば、光結合系において、結合効率が高い非球面ロッドレンズを実現することが可能となり、非常に容易に低コストで生産性のよい作製方法を提供することが可能となる。また、光ファイバとの接続も容易であるので、光機能デバイスの小型化、アレイ化、高性能化を実現することが可能となる。

【0207】

【発明の効果】以上述べたことから明らかなように、本発明によれば、光結合系において、結合効率が高い非球面ロッドレンズ、及びその製造方法を提供することが出来る。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の非球面ロッドレンズの一実施例を示す図

【図2】(a)、(b)：本発明の非球面ロッドレンズの作製方法の一実施例を示す図

【図3】本発明の非球面ロッドレンズの一実施例を示す図

【図4】本発明の非球面ロッドレンズの一実施例を示す図

【図5】本発明の非球面ロッドレンズの一実施例を示す図

【図6】図6(a)～図6(e)：本発明の非球面ロッドレンズの例を示す図

【図7】(a)、(b)：本発明の非球面ロッドレンズの一実施例を示す図

(c)：本発明のデュアルファイバコリメータの斜視図

【図8】(a)、(b)：本発明の非球面ロッドレンズの作製方法の一実施例を示す図

【図9】(a)～(c)：本発明の非球面ロッドレンズの一実施例を示す図

【図10】(a)～(c)：本発明の非球面ロッドレンズの作製方法の一実施例を示す図

【図11】(a)、(b)：本発明の非球面ロッドレンズの一実施例を示す図

【図12】(a)～(c)：本発明の非球面ロッドレンズの作製方法の一実施例を示す図

【図13】(a)、(b)：本発明の非球面ロッドレンズの一実施例を示す図

【図14】(a)、(b)：本発明の非球面ロッドレンズアレイの一実施例を示す図

【図15】(a)～(c)：本発明の非球面ロッドレンズの作製方法の一実施例を示す図

【図16】(a)～(c)：本発明の非球面ロッドレンズの一実施例を示す図

【図17】(a)、(b)：本発明の非球面ロッドレンズの作製方法の一実施例を示す図

【図18】(a)、(b)：本発明の非球面ロッドレンズの一実施例を示す図

【図19】(a)、(b)：種々のレンズの挿入損失の非線形依存性を示す図

【図20】(a)～(c)：本発明の非球面ロッドレンズの一実施例を示す図

【図21】(a)～(c)：従来の非球面レンズの概略図

【図22】(a)：本発明の非球面ロッドレンズの一実施例を示す図

(b)：図16(b)に示す光ファイバ接触部の拡大図

【符号の説明】

11 入射側光ファイバ

12、31、41、51、54、61、71、91、111 非球面ロッドレンズ

12a、61a、71a、91a、111a 第1面(入射面)

12b、61b、71b、91b、111b 第2面(出射面)

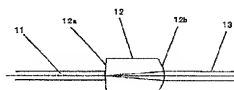
- 13 コリメート光
 14 出射側光ファイバ
 21, 81, 101, 121 レンズ材料
 22, 82, 102, 122 上金型
 23, 83, 103, 123 下金型
 24, 84, 104, 124 胴型
 25, 85, 105, 125 スペーサ
 32, 42 フェルレル
 33, 43, 52, 55, 165 キャピラリ
 44, 53, 56 スリーブ
 57 光機能素子
 61c, 62c, 63c, 64c, 71c 光ファイバ
 ガイド穴
 82a 凸部
 91c 溝部
 92, 112 固定基板
 104a 凸部
 111c 平面形状

- * 124a 平面部
 131 四角柱状非球面ロッドレンズ
 132 六角柱状非球面ロッドレンズ
 154 六角柱状胴型
 161, 162, 163 斜面付き非球面ロッドレンズ
 164 斜め研磨フェルレル
 172 斜め成形上金型
 181 集光ビーム用非球面ロッドレンズ
 183 集光ビーム
 10 191, 192, 201, 202, 203 非球面ロッドレンズ
 201c ARコート
 202c 金属薄膜(メタライズ加工)
 203c 波長フィルタ
 211 両凸レンズ
 212 フランジ
 213 フェルレル
 * 214 コリメータケース

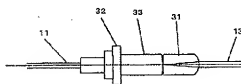
【図1】

【図2】

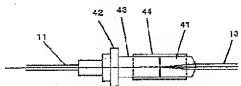
- 11 入射側光ファイバ
 12 非球面ロッドレンズ
 12a 第1面(入射面)
 12b 第2面(出射面)
 13 コリメート光



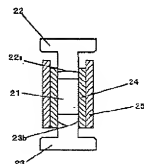
【図3】



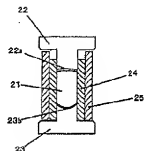
【図4】



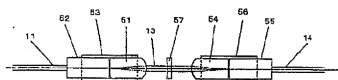
(a)



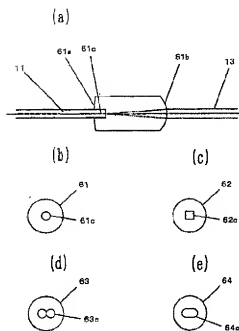
(b)



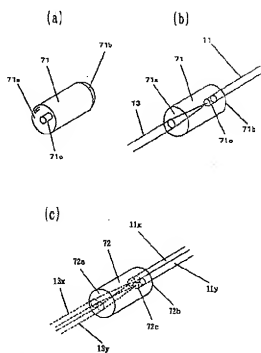
【図5】



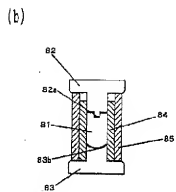
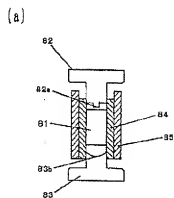
【図6】



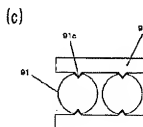
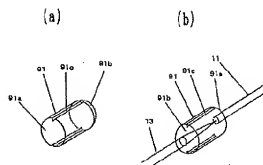
【図7】



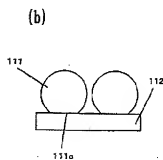
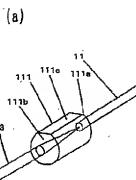
【図8】



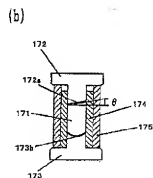
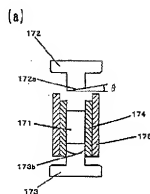
【図9】



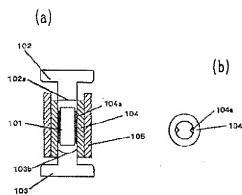
【図11】



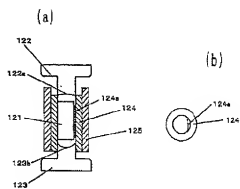
【図17】



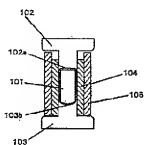
【図10】



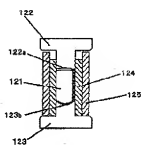
【図12】



(c)

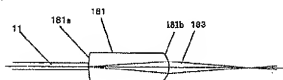


(c)

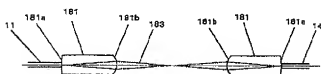


【図18】

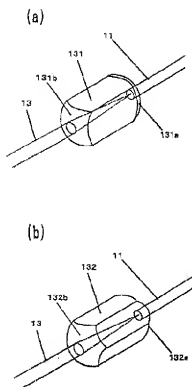
(a)



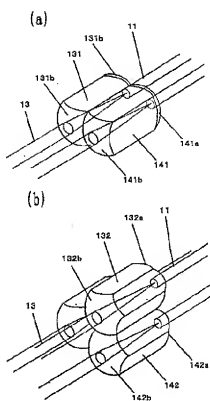
(b)



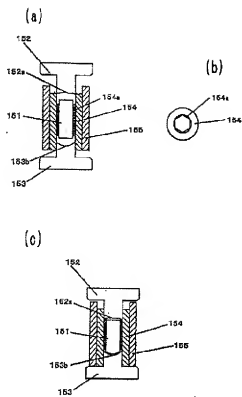
【図13】



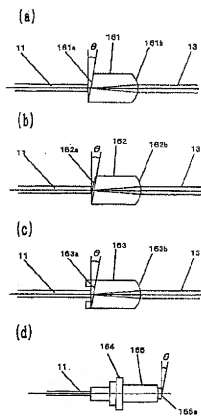
【図14】



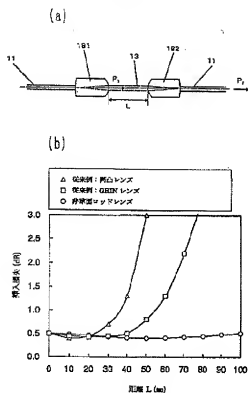
【図15】



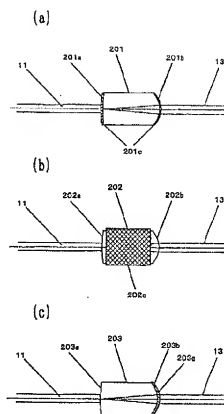
【図16】



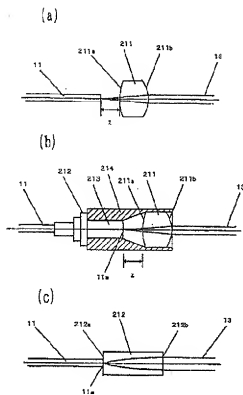
【図19】



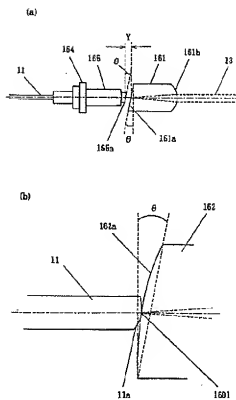
【図20】



〔図21〕



〔図22〕



フロントページの続き

(72)発明者 森岡 一夫
京都府京田辺市大住浜55番12 松下日電
器株式会社内

Fターム(参考) 2H037 AA01 CA12 CA15 CA18 CA19
DA04 DA06